

La gestion agro-écologique dans la cordillère Nord-Andine (Pérou)

Helena Cotler A.*, Laurent Bock**, Léon Mathieu**

Introduction

Au sein de la cordillère nord-andine au Pérou, les gradients bioclimatiques déterminés par le relief abrupt se manifestent par l'étagement marqué de la végétation sur les versants. Ces caractéristiques sont, à leur tour, influencées par les ensembles géomorphopédologiques distincts, conséquences de l'histoire géo-structurale et des héritages paléoclimatiques de cette région (Miller et al., 1993). La diversité écologique résultante est donc évidente et se traduit par onze zones allant de l'aride au très humide (Tosi, 1960). Chacune de ces zones constitue une aire originale et unique, avec ses propres nuances biogéographiques. Mais comme d'autres régions de grande diversité (Biarnes et Hoffman, 1990) il reste à savoir dans quelle mesure et de quelles manières cette diversité est exploitée par les producteurs, et si l'espace montagnard, caractérisé par la diversité des conditions écologiques le long des versants, est perçu et géré comme une entité, ou s'il est fractionné en plusieurs « espaces de production ». Ces questions peuvent être élucidées par la confrontation entre les unités géomorphopédologiques et l'occupation des terres.

Afin de comprendre les relations entre le milieu et son utilisation, nous avons effectué un diagnostic morphopédologique du bassin versant qui permet de raisonner les interactions entre les composants du milieu physique : les paléoclimats, le climat actuel, la végétation naturelle, les formes du relief, les substrats, les produits de la pédogenèse et de la morphogenèse. Ces portions de territoire, dénommées unités morphopédologiques, constituent donc l'expression des systèmes naturels (Kilian, 1990) et peuvent être considérées comme des supports pour l'aménagement.

* Centro de Ecología -
Universidad Nacional
Autónoma de México
(UNAM), Apartado Postal 70-
275, C.P. 04510, México, D.F.,
México.

** Faculté des Sciences
Agronomiques de Gembloux
- Unité de la Science du Sol,
Av. Maréchal Juin 27, 5030
Gembloux, Belgique.

LE MILIEU

Cette analyse est réalisée dans le bassin versant de Mangas (province d'Ayabaca), au nord-ouest du Pérou (figure 1) délimité par les parallèles 4°36' et 4°45' sud et les méridiens 79°34' et 79°45' ouest. Ce bassin-versant couvre une surface de 173 km² et se situe entre 950 et 3 000 mètres d'altitude, au sein de la cordillère occidentale des Andes. Le milieu abrupt et accidenté de la cordillère nord-andine se reflète bien ici par sa forte dénivellation : 2 050 mètres sur seulement 32 km de distance. Géographiquement, ce bassin se surimpose à un ensemble de formations, tantôt marines tantôt continentales qui ont été mises en place, de façon continue, depuis le Crétacé (Caldas et Reyes, 1987). Ces formations sont à dominance volcano-clastique, mais avec une importante hétérogénéité entre elles.

Le climat nord-andin du type montagnard tropical est caractérisé par l'alternance d'une saison humide estivale et d'une saison sèche hivernale. Ainsi, dans la station météorologique de Ayabaca (figure 1) à 2 715 m, la précipitation moyenne annuelle est de 1 186 mm (1980 - 1990) pouvant fluctuer entre 599 mm en 1985 à 2 486 mm en 1983, année du dernier intense phénomène d'El Niño (Woodman, 1984). Pendant

que dans la station météorologique de Sausal (figure 1) à 950m, la précipitation moyenne annuelle est de 302 mm (1970-1990) fluctuant entre 129 mm en 1985 à 617 mm en 1983 (Autoridad Autónoma del Proyecto Especial Chira-Piura). Ainsi les moyennes pluviométriques sont altérées de manière récurrente car la région est soumise aux effets d'El Niño Southern Oscillation (ENSO), qui se traduit par d'intenses précipitations avec des périodes de déficits pluviométriques (Francou et Pizarro, 1986). Compte tenu du relief abrupt, la distribution de la précipitation est influencée par l'exposition des versants et de l'altitude. Cette influence entraîne un étagement bioclimatique et induit une relative spécialisation des activités productives. Ainsi, pour le bassin versant de Mangas les versants exposés au nord et à l'est reçoivent les précipitations les plus fortes et où l'agressivité climatique (Fournier, 1960) est plus intense (Cotler, 1994).

Ce milieu accueille une population majoritairement rurale (80 %) qui se consacre presque exclusivement au secteur primaire (Bernex et Revesz, 1988). Ainsi l'agriculture, au sens large, est la principale occupation et la principale source de revenus au sein des familles paysannes.

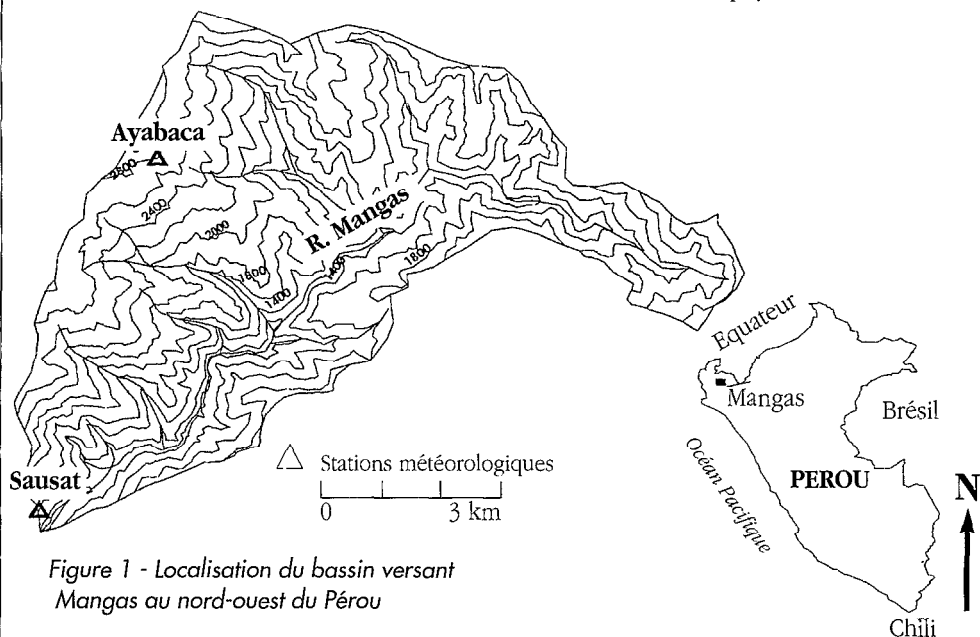


Figure 1 - Localisation du bassin versant Mangas au nord-ouest du Pérou

METHODOLOGIE

Nous avons utilisé des photographies aériennes panchromatiques blanc et noir 1/20 000 (juin 1973), cartes topographiques (1/50 000) et cartes géologiques (1/100 000) pour l'identification des unités géomorphologiques et de l'utilisation des terres.

Contrôle de terrain

Les unités géomorphologiques furent confirmées sur le terrain. Les propriétés éda- phiques de chaque unité ont été déterminées par la description des profils (30 profils en total).

Dans chaque unité géomorphologique au moins un profil a été échantillonné pour la réalisation des analyses chimiques et physiques. L'intégration des cartes géomorphologiques et pédologiques a donné lieu à une carte morphopédologique, laquelle a été enrichie par des caractéristiques morphogénétiques.

D'autre part, ces milieux étant exploités par l'homme, l'interprétation globale des relations entre les composantes physiques et sociales requiert l'étude de l'occupation des terres. Celle-ci est abordée par l'utilisation et la gestion des ressources du milieu naturel.

Analyses de laboratoire

La texture fut déterminée par la méthode de l'hydromètre (FAO, 1980). Le pH a été mesuré par potentiomètre avec des rapports sol-eau 1:2,5 et sol-KCl 1:2,5. La capacité d'échange cationique a été déterminé par la méthode de l'acétate d'ammonium.

L'érodabilité des sols a été évalué par l'indice proposé par Combeau et Monnier (1961). Cet indice évalue la stabilité structurale des sols par la formule :

$$I_s = \frac{\% \text{ maximum (argile + limon fin)}}{\% \text{ moyen des agrégats grossiers - 0,9 (\% \text{ sable grossier})}$$

Le logarithme de cet indice fluctue entre 0 et 3, la valeur la plus élevée d'instabilité structurale. Cette analyse a été réalisée dans les horizons superficiels de chaque profil représentatif.

D'autre part, la stabilité des sols a été évaluée par les limites d'Atterberg. Ces analyses ont été réalisées exclusivement dans les versants sur roches andésitiques où se concentrent les boursouffures engendrées par les mouvements en masse. Les limites de liquidité et de plasticité présentées constituent la moyenne de trois répétitions pour chaque échantillon.

Le contexte morphopédologique

Dans le bassin du rio Mangas, la profonde altération des roches et les traces des mouvements en masse hérités, suggèrent que cette zone a été influencée par des conditions paléoclimatiques plus humides, confirmées par Coltrinari (1993). Celles-ci ont façonné surtout les versants sous le vent, c'est-à-dire, les sommets sur roches andésitiques (SOMMa) et les versants sur brèches pyroclastiques (Vbp), donnant lieu à des sols d'altération ferrallitique (tableau 1). Les sols des versants sur andésites (Va) et sur bombes volcaniques (Vbv) présentent une altération ferrugineuse. Dans ce milieu, des arguments géopédologiques et morphologiques font ressortir les effets de mouvements en masse anciens dont les formations superficielles subissent la pédogenèse actuelle. Les versants sur grès feldspa-

un héritage
géopédologique et
morphologique
mouvementé

Unité	Modelé et sols	Morphodynamique	Végétation	Texture (FAO)	pH H ₂ O	CEC meq/100g	log Is
Sommets de versants andésitiques (SOMMa)	Sommets arrondis à convexes à faible pente : 15 %. Sols ferrallitiques à caractères andiques.	Mouvements en masse superficiels hérités et récents déclenchés à partir des terrassettes.	Fourré secondaire.	Laf	5,2	28,2	1,11
Versants sur roches andésitiques (Va)	Versants bosselés et disséqués, convexes à leur base. Pentes : 15 % - 70 % Sols ferrugineux tropicaux.	Mouvements en masse superficiels (terrassettes, glissements de terrain) hérités et récents, ces derniers remettent en marche des matériaux déjà stockés.	Système de culture : maïs-haricot, pomme de terre, blé, fève.	A	4,8	24,2	1,19
Partie inférieure des versants andésitiques (AVa)	Versants rectilignes entaillés par les affluents. Pentes abruptes : 70 % - 85 %. Sols ferrugineux tropicaux	Décapage permanent par ruissellement diffus et concentré. Incision des talus en aval.	Canne à sucre	A	6,5	30,9	1,17
Versants sur accumulation de bombes volcaniques (Vbv)	Versants rectilignes à base convexe. Pentes : 30 % - 80 %. Sols ferrugineux tropicaux.	Anciens glissements de terrain actuellement disséqués par un ruissellement concentré.	Zone de parcours : Forêt tropicale sèche, Canne à Sucre.	LA	6,1	44	1,57
Versants sur grès feldspathique (Vgf)	Versants rectilignes très disséqués. Pentes : 40 % - 80 %. Sols bruns eutrophes à caractères vertiques.	Ruissellement concentré important. Actuellement les ravins s'élargissent par érosion régressive.	Zone de parcours : Végétation basse xérophile, cultures associées.	LA	6,3	41,0	2,24
Versants sur roches clastico volcaniques (Vcv)	Versants rectilignes disséqués, concaves à leur base. Pentes : 40 % - 80 %. Lithosols.	Ruissellement diffus et concentré : rigoles et ravins sur les fortes pentes.	Zone de parcours : Forêt tropicale sèche.	LA	6,1	49,5	1,44
Dépôts colluviaux (Dcv)	Dépôts de pente et cônes de déjection à pente : 20 % - 45 %. Sols colluviaux.	Ruissellement diffus et concentré. Incision des talus.	Zone de parcours : Forêt tropicale sèche.	A	6,6	31,3	1,86
Versants sur brèches pyroclastiques interstratifiées avec des tufs acides (Vbp)	Versants fortement bosselés. Pentes : 20 % - 60 %. Sols ferrallitiques à caractères andiques.	Mouvements en masse superficiels (glissement de terrain) hérités et récents.	Système de culture : maïs-manioc, maïs-banane, canne à sucre.	AL	5,4	33,1	1,21
Dépôts colluviaux (Dbp)	Dépôts de pente entaillés par la rivière. Pentes : 15 % - 35 %.	Ruissellement diffus.	Zone de parcours : Jachère, cultures associées.	AL	4,3	18,2	1,51
Terrasse alluviale (Ta)	Terrasse alluviale récente. Pentes : 1 % - 5 %. Sols alluviaux, développement incipient.	Léger sapement des berges.	Association de pâturage naturel et canne à sucre.	Ls	7,8	13,5	1,29

Tableau 1 - Caractérisation des unités morphopédologiques représentatives du bassin versant de Mangas

thique (Vgf) se sont développés sur le flanc intérieur d'un anticlinal évidé. La nature de son matériel parental explique l'originalité de ce milieu par l'absence d'aluminium échangeable et des fortes teneurs en bases échangeables, surtout du magnésium échangeable. Sur les versants opposés, développés sur des roches clastico-volcaniques (Vcv), l'altération est plus faible et l'action continue de la gravité fait que ces sols sont peu profonds, du type lithosolique. D'autre part, le décapage régulier du haut des versants est à l'origine des colluvions de contrebas (DPcv, DPbp). Dans la partie aval du bassin-versant, s'étend une vallée étroite à fond plat, présentant des lambeaux d'un niveau de terrasse (Ta), soumis au sapement de berge.

une forte érosion

Le problème de la dégradation des terres est un sujet d'actualité dans les études d'environnement des pays en développement et en particulier dans les pays traversés par les Andes (De Noni et Viennot, 1990 ; Staver *et al.*, 1991). En effet, la montagne andine constitue un cadre très propice aux manifestations érosives. Cependant toute intervention visant la prévention et le contrôle de l'érosion doit être fondée sur la recherche des causes et sur l'analyse de chaque processus morphodynamique qui la provoque. Dans ce sens, nous avons confronté les unités morphopédologiques avec les résultats de deux indices physiques, la stabilité structurale et la plasticité des matériaux (Limites d'Atterberg).

L'examen de l'indice d'instabilité structurale (Is) (tableau 1) permet de constater que indépendamment du type de matériel parental, les terres occupées par une forêt tropicale sèche, une végétation basse xérophile, des jachères et affectées au pâturage communal présentent les valeurs d'instabilité structurale les plus élevées. Aussi c'est dans ces terres que nous avons observé les processus de ravinement les plus intenses et les plus actifs. Sur les terres affectées aux cultures, la stabilité de la structure est médiocre. Cet indice est celui de terres affectées par une érosion aréolaire qui peut évoluer en une érosion en rigoles. Ainsi, l'indice d'instabilité structurale constitue donc un indicateur de l'impact des systèmes de cultures et d'élevage sur la morphodynamique des sols.

L'examen des résultats des limites d'Atterberg (tableau 2) montre que les limites de plasticité sont assez élevées (26,7 à 45,8 % d'eau). Toutefois, le fait que plusieurs de ces échantillons correspondent à des têtes de glissement récentes nous suggèrent que la limite de plasticité (Wp) peut être franchie. Par ailleurs, les valeurs élevées des limites retrait (Wr) (24,5 à 33,6 % d'eau) indiquent l'aptitude de ces matériaux à présenter des fentes de retrait, exprimées par des fissures sur le terrain,

un indicateur :

l'indice d'instabilité
structurale

qui occasionnent une humectation rapide mais inégale du sol. Ces fissures favorisent la formation des terrassettes et le déclenchement de mouvements de masse observées dans les zones de parcours et les terres dédiées à la céréaliculture.

Occupation du sol et morphodynamique récente	Texture (FAO)	Humidité in situ	W1	Wp	Ip	Wr
Association blé et fève tête de glissement récent	AL*	14,2	57,2	36,8	20,4	27,2
Blé, terrassettes	AL	9,9	52,2	36,1	16,1	24,5
Blé	AL	13,7	57,3	37,2	20,1	33,5
Zone de parcours	L	19,1	54,4	34,9	19,5	25,7
Zone de parcours	LAf	4,1	52,1	35,9	16,2	32,3
Forêt tropicale sèche, tête de glissement récent	A	4,1	65,9	45,8	20,1	33,6
Zone de parcours, terrassettes	A	2,2	53,8	35,9	17,9	28,9
Zone de parcours terrassettes	LA	1,6	45,8	26,7	19,1	30,1

W1 = Limite de liquidité, Wp = Limite de plasticité, Ip = Indice de plasticité, Wr = Limite de retrait (*), AL = Argile-limoneuse, L = Limon, LAf = Limon-argileux fin, A = Argile.

Tableau 2 - Limites d'Atterberg en relation avec l'occupation du sol et avec la morphodynamique observée sur les versants andésitiques (Va)

L'occupation des terres

Une fois délimités les milieux morphopédologiques, il reste à savoir comment ces unités ont été exploitées par les habitants au cours du temps, sur la base de leur perception et de leurs besoins. Des concepts particulièrement utiles pour lire et comprendre les paysages agraires sont induits par les systèmes de culture et les systèmes d'élevage qui caractérisent l'organisation sociale la plus importante de cette zone, à savoir les communautés paysannes. Celles-ci comprennent à la fois un territoire, un ensemble des systèmes de production et une institution sociale regroupant des *comuneros* (usufruitiers des parcelles héritées d'une communauté paysanne). La plus grande partie des terres situées dans le bassin de Mangas appartient à cinq communautés paysannes : Suyupampa, Cuyas-Cuchayo, Tacalpo, Arreypite-Pingola et Cujaca (tableau 3).

des communautés
paysannes

	Suyupampa	Cuyas-Cuchayo	Tacalpo	Arreypite-Pingola	Cujaca	Total
Nombre de familles	614	571	408	580	267	2440
Population en 1981	4250	3560	2762	3476	1628	15,676
Terres irriguées (ha)	1200	250	91	1258	138	2937
Terres non irriguées (ha)	1849	1028	-	1119	447	4443
Pâturage naturel (ha)	-	170	-	-	6069	6239
Densité (hab./terres utilisées en ha.)	1.39	2.46	30.35	1.46	0.24	-
Forêts (ha.)	3050	2262	1892	8213	44	15.461
Terres nues	-	591	211	-	115	917
Terres sans utilisation agricole (ha.)	64	-	-	30	-	94

Tableau 3 - Caractéristiques des communautés paysannes au sein du bassin-versant de Mangas

évolution en fonction
de l'augmentation
de la pression
foncière

Les communautés paysannes constituent une des plus importantes institutions du pays. Au cours du temps, elles ont évolué « en s'adaptant aux changements démographiques, à la disponibilité des nouvelles techniques et à l'intégration du marché » (Kervyn, 1990). Ainsi, les communautés du bassin du Mangas ont subi aussi des changements. En effet, le droit de cultiver des parcelles spécifiques et d'en hériter l'usufruit s'est étendu au fur et à mesure qu'augmentait la pression sur la terre. De nos jours, il n'est pas rare de rencontrer des paysans possédant à peine quelques sillons de terre. L'impact agronomique de ces situations ne s'est pas fait attendre. Ainsi, des milieux caractérisés par leur inaptitude à la mise en valeur agricole sont exploités et les périodes de jachère ont été raccourcies afin de satisfaire les besoins alimentaires. D'autre part, la présence d'un grand nombre d'usufruitiers ayant des petites parcelles de terre et l'affaiblissement de la cohésion communale rendent difficile le contrôle des phénomènes d'érosion. Compte tenu des terres dont le niveau de fertilité est faible à moyen et d'une faible technicité, la question de savoir quel est le seuil d'équilibre

entre l'homme et son milieu, entre un niveau de vie digne et la préservation des ressources, prend toute sa valeur. L'analyse de l'étagement des principales cultures dans le bassin de Mangas (figure 2) montre sa grande diversité dans un même étage altitudinal, sur une relativement courte distance en accord avec la notion de rationalité de l'organisation andine donnée par Golte (1987) pour d'autres régions andines. Le paysan optimise sa capacité de travail par la conduite en parallèle de plusieurs cycles cultureux sur différents étages altitudinaux.

organisation des
cultures et du travail

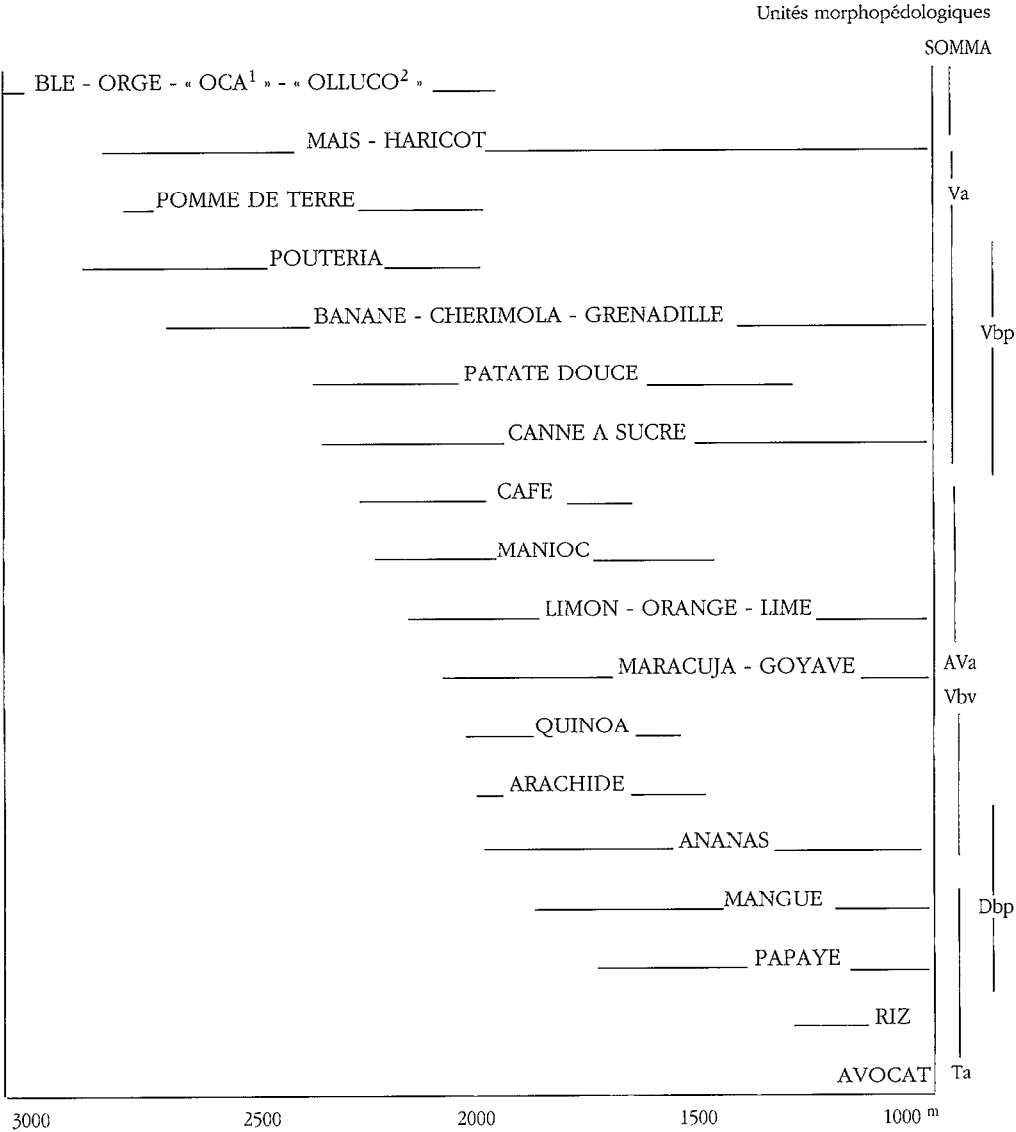


Figure 2 - Etagement des principales cultures dans le bassin versant Mangas en relation avec les unités morphopédologiques

1 - Oca : Oxalis tuberosa, 2 - Olluco : Ullucus tuberosa.

 étages écologiques

Ce contrôle vertical de plusieurs étages écologiques peut donc s'expliquer comme une réponse aux conditions naturelles et techniques défavorables. Car ce mode d'exploitation permet aux paysans de trouver un palliatif à la faible quantité de terre dont ils disposent et à la faible productivité de leur travail. Cette répartition verticale assure la distribution de terres de différents niveaux de fertilité : depuis les sommets de versants où prédomine l'altération ferrallitique des sols (SOMMA, Vbp), donc une fertilité médiocre, en passant par les versants andésitiques et sur des bombes volcaniques (Va, Vbv) dont l'altération ferrugineuse des sols et le renouvellement causé par les mouvements superficiels rendent possible le maintien de la fertilité et, jusqu'au bas des pentes avec les colluvions, éventuellement plus fertiles (DPcv). La gestion du paysan porte non seulement sur la terre, en effectuant une dispersion spatiale des risques par la culture de plantes de résistances différentes, mais aussi sur le temps, en échelonnant les dates de semis, et donc son travail.

Systèmes de culture

En fonction de leur impact sur la stabilité morphodynamique, nous avons distingué **trois systèmes de culture** au sein du bassin-versant Mangas, à savoir :

Des monocultures essentiellement irriguées.

Quand la principale contrainte climatique du milieu, à savoir le manque d'eau, est levée, les paysans ont l'habitude d'installer sur leurs parcelles une culture à haute rentabilité, telle que la pomme de terre ou bien une culture essentielle pour leur régime alimentaire : la canne à sucre. La culture de la pomme de terre est pratiquée exclusivement pour la commercialisation. Ainsi, ce sera une des rares cultures pour laquelle les paysans utilisent des semences améliorées (variétés Yungay ou Liberteña) et pour laquelle ils achètent des engrais minéraux. Les tubercules sont semés au moyen de la *taclla* généralement dans le sens de la pente. La période de semis dépend des demandes du marché, mais elle se déroule normalement de septembre à novembre. La canne à sucre est depuis l'époque coloniale, une des principales cultures de la région nord-andine ; elle répond aux nombreux besoins de ses habitants : extraction d'alcool (*guarapo, primera*), fabrication du miel (*chancaca*), élaboration des friandises (*bocadillo*), consommation directe (*caña*) et aliment du bétail.

La grande partie du système d'irrigation reste très élémentaire, constituée de petits réservoirs artisanaux, de canaux de terre ou en bois. En partie parce que la forte déclivité du terrain rend dif-

 pomme de terre,
 canne à sucre

 système d'irrigation
 élémentaire

forte déclivité

quelques petites installations hydrauliques

cultures irriguées sur les fonds et les versants de 20 % à 50 %
--

peu d'impacts sur l'érosion

des travaux ancestraux

ficile la construction de canaux de dérivation depuis les torrents vers les champs de cultures, mais aussi parce que la faible organisation sociale de la communauté ne peut assurer la construction systématique et l'entretien de ces installations. Les organismes étatiques, quant à eux, n'ont développé que peu d'installations hydrauliques tels que des canaux et des réservoirs. Les premiers sont en terre et irriguent seulement une surface de 275,6 ha (ONERN, 1978). Les seconds, construits en béton sur des sites instables, se colmatent rapidement arrivant même à se détruire. Cependant l'irrigation reste le moyen de production le plus convoité, car il permet un niveau de productivité majeur et soutenu. Dans ce sens, la multiplication des conflits à cause de l'eau, enregistrée par les fonctionnaires du Ministère de l'Agriculture, est un bon indicateur de l'augmentation du nombre de paysans qui irriguent, mais témoigne aussi de l'insuffisance de cette infrastructure (Etesse, 1991).

Les cultures irriguées se développent surtout dans les fonds des vallées intramontagneuses et vallons-affluents, entre 2 000 et 2 600 mètres pour la pomme de terre, 950 et 2 300 mètres pour la canne à sucre. Ces cultures sont pratiquées sur versants andésitiques (Va), accumulations de bombes volcaniques (Vbv), et brèches pyroclastiques (Vbp) dont les pentes sont comprises entre 20 % et 50 % (figure 2).

Les monocultures irriguées sont installées en saison sèche. Les soins apportés à la culture de la pomme de terre, en matière de semences et de fumure, d'une part et l'abondante production de biomasse, d'autre part, favorisent la couverture rapide du sol, si bien que les risques d'érosion sont réduits. Les monocultures irriguées n'ont donc que peu d'impact sur la morphodynamique.

Les cultures associées.

Celles-ci représentent la principale forme d'agriculture dans cette zone. La plupart des cultures se pratiquent d'octobre à juin, afin de bénéficier des pluies. Les travaux requis se déroulent en quatre phases : la préparation du terrain, le semis, le(s) désherbage(s) et la récolte. Les outils utilisés à chaque phase sont similaires à ceux utilisés dès la période pré-incaïque, c'est-à-dire artisanaux, et la plupart d'entre eux d'emploi exclusivement manuel. Ainsi, la préparation du terrain se fait d'abord avec la hache et la machette pour le défrichage de la forêt et des broussailles sur les versants à forte pente. La charrue n'est utilisée que sur les pentes relativement faibles, inférieures à 20 %, pour créer des sillons dans le sens de la pente, ce qui provoque des mouvements de terre. De décembre à février, le maïs est semé au moyen d'un bâton (*barreta*). Le désherbage

qui évitent les
mouvements de
terres

mais exigent une
rotation des terres

du maïs commence à partir du mois de mars et se fait au moyen d'une bêche, pour nettoyer un rayon de 20 cm autour de la plante. Par la suite, quand le maïs atteint approximativement 45 cm, on pratique un deuxième désherbage, avec le *misba*. Tous ces techniques évitent le déplacement de terre. L'apport organique au sol étant très déficient, les champs de cultures sont mis en jachère environs tous les trois ans, ou bien, si la pression sur la terre est trop forte, la parcelle est soumise à une rotation, principalement avec une légumineuse. L'installation des cultures est en relation étroite avec le cycle de précipitation (figure 3), de décembre à avril.

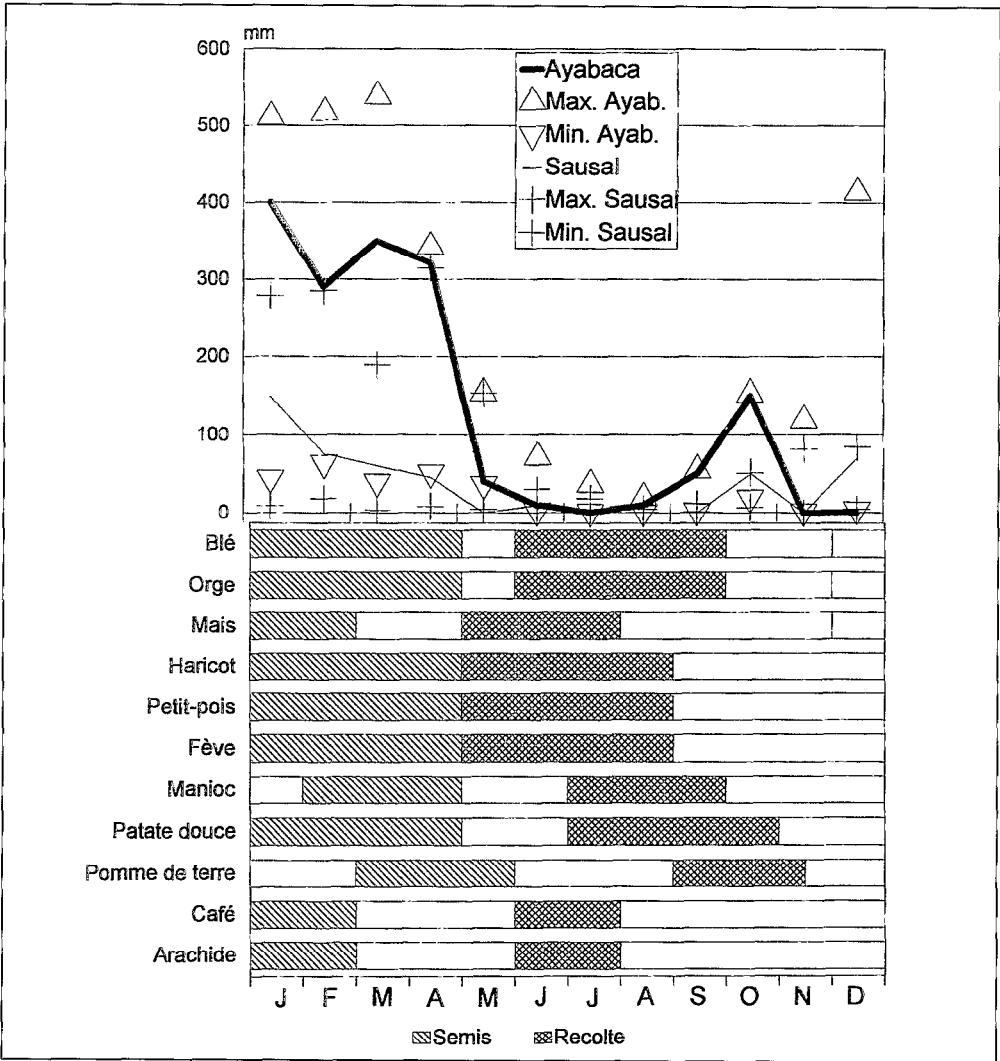


Figure 3 - Cycle végétatif de principales cultures en relation avec le cycle de précipitation

rendement faible

Résultat de l'isolation économique de cette région et de l'utilisation de la terre comme moyen de subsistance, les pesticides et les engrais minéraux ne sont pratiquement pas utilisés. Aussi les rendements locaux, de quelques cultures comme la fève, les petits-pois, la patate douce et le manioc n'atteignent pas la moitié des rendements nationaux (Webb et Fernández, 1991 ; Ministerio de Agricultura, 1991).

répartition des
cultures dans l'espace
et le temps

Les associations les plus pratiquées dans tout le bassin versant sont maïs-petit-pois (fève ou haricot), maïs-manioc-(café ou banane), banane-manioc, banane-café-manioc, maïs-banane. Aux cultures vivrières sont associées des fruitiers formant des strates plus ou moins continues : citronniers, orangers, citronniers, avocatiers, manguiers, grenadiers. De cette analyse, il se dégage que les systèmes de cultures intègrent plusieurs cycles de production agricoles et sylvicoles répartis dans l'espace et dans le temps. Ainsi, avec ces systèmes de culture se retrouvent, dans une même parcelle, plusieurs strates arbustives et herbacées, avec différentes structures foliaires, qui permettent un recouvrement approprié du sol face à l'effet des pluies.

Les champs sont généralement protégés par des clôtures en bois ou en terre. Dans ces dernières les paysans sèment au-dessus la « cabuya » *Agave americana*. Les haies vives sont aussi très répandues, dont les espèces les plus communes sont *Cercidium praecox* « Brea », *Acacia macracantha* « Faïque », *Annona cherimola* « Chirimoyo », *Cassia* sp. « Pimpiquero », *Capparis mollis* « Frejolillo » et *Cordia lutea* « Overo ».

Les cultures associées sont pratiquées sur les versants andésitiques (Va), accumulations de bombes volcaniques (Vbv), et sur brèches pyroclastiques (Vbp) et leurs dépôts colluviaux (Dbp), aux pentes de 15 % à 60 % (figure 2). Toutefois, durant les mois de janvier à avril, période des pluies intenses, les cultures à peine semées offrent un faible taux de couverture au sol, ce qui favorise des dégradations éventuelles de sa structure. Ainsi, les systèmes de cultures associées favorisent l'instabilité morphodynamique.

La céréaliculture.

Elle constitue la monoculture pluviale la plus importante du bassin-versant. Sur les terres affectées à la céréaliculture, les paysans ne pratiquent généralement pas de rotation, probablement parce que l'intervalle d'altitude où sont cultivés l'orge et le blé (2 050 à 3 000 mètres) constitue le seuil d'altitude de la plupart des autres cultures établies dans la région. Le blé et l'orge sont semés sur les sommets et les versants andésitiques (unités

limite de plasticité
pendant la saison
pluvieuse

la céréaliculture
accélère l'érosion

des parcours
communaux

puis des parcelles

SOMMa et Va) (figure 2). Ces milieux sont caractérisés par des sols à saturation aluminique élevée qui peut inhiber le développement du système racinaire et la croissance foliaire. Le semis s'effectue comme pour le maïs, de décembre à avril au moyen d'un bâton (*barreta*), avec lequel on creuse un trou de 10 à 15 cm de profondeur. Ces cultures ne sont pas fumées. Le blé et l'orge sont fauchés cinq mois plus tard au moyen d'une faucille. Les céréales sont semées au début de l'époque des pluies dans un topoclimat caractérisé la plus forte par agressivité climatique. En outre, l'interprétation des Limites d'Atterberg des sols et l'observation de glissements de terrain récents soulignent la capacité de ces matériaux à atteindre leurs limites de plasticité pendant la saison pluvieuse. Ainsi, la faible couverture végétale des céréales installées sur des sols dont le matériel parental est intrinsèquement susceptible d'atteindre ses limites de plasticité fait que la céréaliculture ne peut que constituer un facteur d'accélération des processus d'érosion en masse sur ces unités morphopédologiques.

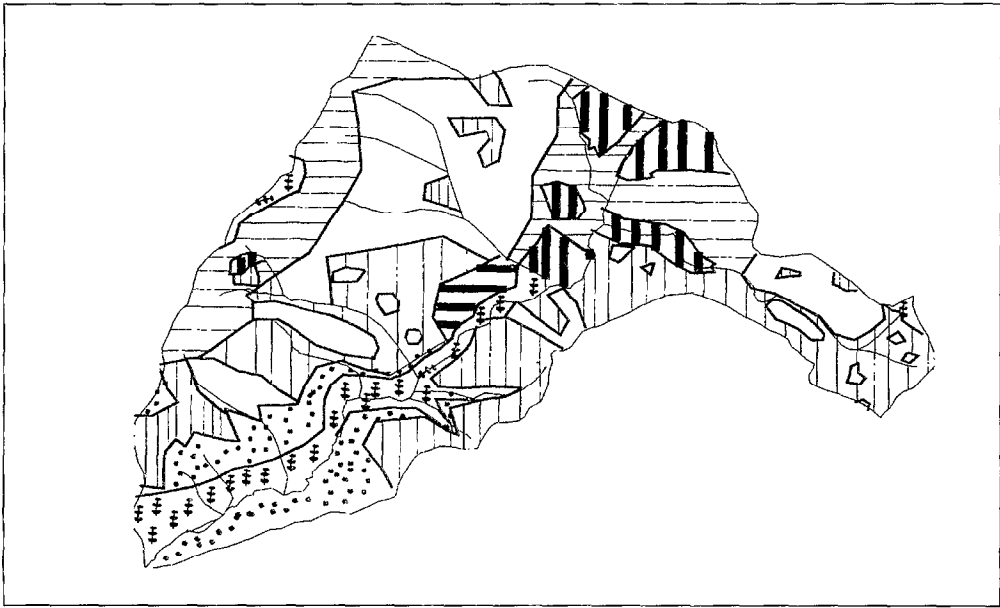
Systèmes d'élevage

En fonction de l'impact morphodynamique, nous avons étudié en particulier le système d'élevage extensif pratiqué dans les zones de parcours et dans les parcelles en usufruit (*invernas*).

Le système d'élevage extensif est le principal héritage de l'époque des haciendas, qui continue à être pratiqué de nos jours sur une moindre échelle et dans le cadre d'une autre organisation sociale. Les communautés paysannes utilisent plusieurs formations végétales comme parcours communaux : la forêt tropicale sèche, la végétation basse xérophile et la steppe arbus-tive. Le bétail est amené sur ces parcours au début de la saison des pluies et en est retiré au début de la saison sèche, c'est-à-dire à la fin du mois de mai. A partir de cette date, les paysans conduisent le bétail soit vers les parcelles de pâturage (*invernas*), soit vers les parcelles de cultures déjà récoltées. Les principales zones de parcours communales correspondent à deux unités géomorphopédologiques différentes : les versants sur grès feldspathique (Vgf), dont les sols sont de type brun eutrophe à caractère vertique et les versants sur roches clastico-volcaniques (Vcv), dont les sols sont très superficiels (lithosols) et où la roche mère peut affleurer localement. Les contraintes que présentent le caractère vertique, d'une part, et la faible épaisseur des sols, d'autre part, expliqueraient pourquoi les pay-sans ont affecté ces terres au pâturage.

modification des
parcours par les
surpâturages

Dans ces terrains de parcours, les premières pluies tombent sur un sol tassé et dur, par suite de l'action conjointe du piétinement et de la dessiccation, ce qui favorise le ruissellement, et avec le temps engendre un microrelief en marches d'escaliers (les « pieds de vache » et les terrassettes). D'une part, le surpâturage se traduit par une modification de la composition spécifique des pâtures, étant donné que les animaux consomment



Régime foncier	Occupation de la terre	Degré d'érosion	Symbole
Terres communales : zones de parcours	Vég. basse xérophile (piquetée d' <i>Eriotheca</i> sp.) Forêt dense de montagne	Moyen (2)	1
	Vég. basse xérophile, Fourré secondaire	Fort (3)	2
	Forêt tropicale sèche	Moyen	3
		Fort	4
Parceliaire	Forêt tropicale sèche à spp. herbacées	Intense (4)	5
	Monocultures irriguées, cultures associées	Moyen	6
	Cultures associées, céréaliculture	Fort	7

(1) Faible : déchaussement des racines, mise en saillie d'éléments grossiers, inclinaison des buissons.
(2) Moyen : «pieds de vache», terrassettes et rigoles.
(3) Fort : Rigoles en abondance, localement des ravins et des glissements de terrains.
(4) Intense : Ravins de grande taille (10 mètres de profondeur en moyenne), en abondance.

Figure 4 - Impact du régime foncier et de l'occupation des terres sur la morphodynamique

et augmentation de
l'érosion

et dégradation

d'abord les espèces les plus appréciées, la production devenant insuffisante pour nourrir le bétail. D'autre part, le surpâturage fait apparaître des plages de sol nu, par dégradation de la couverture végétale et le tassement par les animaux. L'érosion pluviale se développe provoquant un décapage, puis une diminution de la surface-seuil d'apparition d'un chenal, donc l'incision de rigoles et ravines. Le problème du surpâturage lié aux terres communales n'est pas exclusif au bassin-versant de Mangas. D'autres études (Cotlear, 1989 ; Livingstone, 1991) ont conclu que, vu l'augmentation de la population et la perte de cohésion sociale, le pâturage communal a entraîné le surpâturage et avec le temps, celui-ci est à l'origine de phénomènes d'érosion. Cependant, vu que le taux d'émigration de la province d'Ayabaca surpasse largement celui de l'immigration (Bernex et Revesz, 1988), la perte de cohésion sociale, provoquant l'absence des travaux communaux pour l'amélioration ou la réhabilitation des zones de pâtures, et les nouvelles opportunités du marché sont à l'origine de la dégradation des terres communales.

La confrontation des données et des informations tirées du diagnostic morphopédologique du bassin du rio Mangas à celles de l'analyse de l'occupation des terres nous permet d'apprécier l'efficacité des systèmes de production en fonction de leur impact sur la stabilité morphodynamique laquelle est illustrée à la figure 4.

Conclusion

La confrontation des unités géomorphopédologiques avec l'occupation des terres dans le bassin du rio Mangas, au sein de la Cordillère nord-andin au Pérou, montre le degré d'adaptation des systèmes de production utilisés par les paysans. Par cette analyse nous avons mis en valeur une gestion agro-écologique suivant les contraintes et les potentialités des unités morphopédologiques. Ainsi, les systèmes de culture se distribuent tout au long d'un étagement bioclimatique en accord avec le régime de précipitation. Ils sont installés généralement sur des unités morphopédologiques dont les contraintes, mise à part la pente, sont surtout d'ordre chimique : taux élevé de saturation en aluminium et faibles teneurs en bases échangeables. Le système d'élevage extensif est, quant à lui, pratiqué sur deux unités morphopédologiques présentant des limites physiques pour l'agriculture : le caractère vertique des sols des versants sur grès feldspathique et la forte pierrosité des sols des versants sur roches clastico-volcaniques.

L'analyse des systèmes de culture et d'élevage traditionnels en fonction de leur impact sur la morphodynamique nous a permis de détecter que la céréaliculture et l'élevage extensif dans les zones de parcours communales favorisent les dégradations morphodynamiques.

Nous avons constaté que le régime foncier joue un rôle prépondérant dans le développement des phénomènes d'érosion. Ainsi, que ce soit par les mouvements en masse ou par le ruissellement concentré, ce sont en effet les zones communales de parcours qui sont les plus affectées. Pourtant les problèmes d'érosion ne sont pas causés exclusivement par les conditions naturelles des unités morpho-pédologiques. La gestion actuelle des zones de pâturage communales est caractérisée par un manque de règles de gestion : l'absence d'un système de rotation que permettrait la reconstitution de la végétation, et le manque de contrôle du nombre de têtes à introduire, ce qui conduit au surpâturage. La maigre participation des membres des communautés paysannes du bassin du rio Mangas dans les travaux communaux (nettoyage des canaux d'irrigation, réparation des clôtures et des chemins, etc.) suggère que le problème réside dans la faiblesse de l'organisation communale qui a déjà des difficultés à s'organiser. De plus, les problèmes liés à la propriété de la terre acquièrent, au vu des paysans, plus d'importance que l'expansion des phénomènes d'érosion qui menacent leurs terrains.

Ainsi, la recherche des alternatives de gestion se révèle une opération complexe et délicate. Car il est nécessaire de prendre en considération des facteurs très différents et cependant en interaction : les milieux biophysiques, avec leurs potentialités et contraintes, les conditions socio-économiques dans lesquelles se trouvent les populations, leurs expériences, leurs modes de vie et leurs besoins, confrontés à des systèmes traditionnels de production. L'approche interdisciplinaire s'impose donc si on veut parvenir à une amélioration de vie conciliable avec une gestion durable des ressources.

Bibliographie

- AUTORIDAD AUTONOMA DEL PROYECTO ESPECIAL CHIRA-PIURA. Anuarios Meteorológicos 1970-1990.
- BERNEX de F., REVESZ B., 1988. Atlas regional de Piura. Lima (Pérou). Centro de investigación y promoción del campesinado (CIPCA) - Centro de Investigación en Geografía Aplicada, Pontificia Universidad Católica del Perú. 207 p.
- BIARNES A., HOFFMAN O., 1990. La gestion du différentiel agro-

- écologique dans la Sierra Madre orientale (Mexique). In: *Cah. Sci. Hum.* 26(3): 293-311.
- CALDAS J., REYES L., 1987. Geología de los cuadrángulos de : Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huanca-bamba, Olmos, Pomacahua. Lima (Pérou). Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 83p.
- COLTRINARI L., 1993. Global Quaternary changes in South America. In: *Global and Planetary Change*, 7, 11-23pp.
- COMBEAU A., MONNIER G., 1961. A method for the study of structural stability: application to tropical soils. In: *African Soils* 6: 33-52.
- COTLEAR D., 1989. Desarrollo campesino en los Andes. Lima (Pérou). Instituto de Estudios Peruanos (IEP), 325p.
- COTLER H., 1994. Le diagnostic intégré des milieux, comme base d'un système d'information géographique, en vue de la gestion des bassins versants. Application au bassin du rio Mangas (Ayabaca-Pérou), Thèse de doctorat. Faculté des Sciences Agronomiques, Gembloux (Belgique), 348p.
- ETESSE G., 1991. La sierra de Piura: al margen de la evolución agraria andina? In: *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, 20(2):599-620pp.
- FAO, 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations, A. Cottenie. *FAO Soils Bull.* 38/2, FAO, Rome.
- FRANCOU B., PIZZARO, L., 1986. El Niño et la sécheresse dans les hautes Andes centrales : étude d'une possible corrélation. In: *Les cahiers d'Outre mer*, n° 156, oct-déc, 371-391pp.
- FOURNIER F., 1960. Climat et érosion. Presses Universitaires, Paris, 195p.
- GOLTE J., 1987. La racionalidad de la organización andina. (Lima-Pérou). Instituto de Estudios Peruanos (IEP), deuxième édition, 124p.
- KERVYN B., 1990. Les communautés paysannes au Pérou : un système de propriété dépassé ? In: *Agricultures et paysanneries en Amérique Latine. Colloque International Toulouse (France)*, 13-14 décembre 1990, Université de Toulouse-Le Mirail, Atelier V: Réformes agraires et mouvements paysans, 301-308pp.
- KILIAN J., 1990. Cartes du milieu pour le développement rural. In: *Agronomie et ressources naturelles en régions tropicales. Actes des journées de la DRN*, 12-15 septembre, 1989. Montpellier, 3-13pp.
- LIVINGSTONE I., 1991. Livestock management and "overgrazing" among pastoralists. In: *Ambio* XX(2): 80-85.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1991. Campaña 1990-1991, Centro de Desarrollo rural de Ayabaca (Pérou), 97p.
- MILLER M., BIRKELAND P., ROBBELL D., 1993. Evidence for Holocene stability of steep slopes, Northern Peruvian Andes, based on soils and

- radiocarbon dates. In: Catena, vol. 20, 1-12pp.
- NONI G., VIENNOT M., 1990. Transformations agraires et érosion des sols dans les Andes équatoriennes. In: *Agricultures et paysanneries en Amérique Latine. Colloque International Toulouse (France), 13-14 décembre 1990, Université de Toulouse-Le Mirail, Atelier V: Réformes agraires et mouvements paysans*, 144-152pp.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES (ONERN), 1978. *Inventario y evaluación de los recursos naturales de la cuenca del río Quiroz y margen izquierda del río Macará, Lima (Pérou)*, vol I-II, 431p.
- STAVER C., BYERS A., RAVELO A., DICKINSON J., 1991. Refining soil conservation strategies in the mountain environment-the climatic factor: an Ecuadorian case study. In: *Mountain Research and Development*, 11 (2): 127-144pp.
- TOSI J., 1960. *Zonas de vida natural del Perú*. San José (Costa Rica). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA - Zona Andina. 212p.
- WEBB R., FERNANDEZ G., 1991. *Perú en números 1991 - Anuario estadístico*, Lima (Pérou), ed. Cuanto, 1190p.
- WOODMAN R.F., 1984. Recurrencia del fenómeno El Niño con intensidad comparable al año 1982-83. Lima (Pérou). In: *Proc. Seminario Regional Ciencia, Tecnología y Agresión Ambiental, El Fenómeno de El Niño*, 301-332pp.

Résumé

La confrontation des milieux morphopédologiques et de l'occupation des terres dans le bassin versant de Mangas, au sein de la cordillère nord-andine au Pérou, montre les limites des systèmes d'exploitation et le degré d'adaptation des systèmes de production

au milieu naturel. De même, l'analyse des systèmes de culture et d'élevage traditionnels a permis de détecter ceux qui favorisent le déclenchement de l'érosion, à savoir la céréaliculture et l'élevage extensif sur les zones communales de parcours.